

Влияние напряжения смещения на неомичность контакта образец-электрод при изучении электрических свойств материала с высокой диэлектрической проницаемостью $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$

Ахметшин Евгений Романович

*Мельникова Нина Владимировна, Мирзорохимов Абдулло Алимахмадович,
Кадырова Надежда Ивановна, Зайнулин Юрий Галиулович*

Уральский федеральный университет

Мельникова Нина Владимировна к.ф.-м.н.

evgeny.akhmetshin@yandex.ru

Среди материалов, не относящихся к сегнетоэлектрикам, и обладающих аномально большими значениями диэлектрической проницаемости ($10^4 - 10^5$), можно выделить кристаллизующийся в кубической сингонии материал $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (ССТО). Материал интересен тем, что диэлектрическая проницаемость (ДП) практически не меняется в широком диапазоне частот электрического поля в широком интервале температур [1]. На настоящий момент предложено несколько моделей, объясняющих причины проявления гигантской диэлектрической проницаемости [2, 3], но единая теория ее возникновения пока не разработана. Цель представляемой работы - исследовать влияние напряжения смещения (U_{dc}) на эффекты на границе электрод-образец и на значения видимой диэлектрической проницаемости $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$.

Метод синтеза материала подробно описан в работе [4]. Рентгеноструктурные и рентгенофазовые исследования (Shimadzu XDR-7000) показали, что материал кристаллизуется в кубической симметрии и имеет перовскитоподобную структуру. Электрические характеристики исследовали методом импедансной спектроскопии в интервале частот от 1 Гц до 10 МГц (Solatron 1260A) при температурах 453 К-493 К. Образец помещали в ячейку ProboStat, температура поддерживалась с помощью контроллера, максимальное напряжение смещения составило 3,5 В.

При увеличении напряжения смещения радиусы полуокружностей (годографов импеданса) уменьшаются. Но при этом линейную зависимость обратного квадрата емкости $\frac{1}{C^2}$ от напряжения смещения, характерную для барьера Мотта-Шоттки, не наблюдали. Емкость ячейки с образцом оценивали по формуле, где $C = \frac{\text{Im} Y_{\max}}{\omega}$, где $\text{Im} Y_{\max}$ и ω – значение мнимой части адмиттанса и круговая частота, соответствующие вершине полуокружности-годографа импеданса. Анализ полученных результатов подтверждает, что гигантские значения диэлектрической проницаемости наблюдаются не благодаря электродным эффектам, а главную роль в ее возникновении играют процессы объемно-зарядовой поляризации, процессы поляризации Максвелла-Вагнера и механизм прыжкового перемещения поляронов.

Работа выполнена при поддержке грантов (РФФИ №16-02-00857 и №15-03-00868).

Список публикаций:

- [1] Subramanian M.A., Li D., Duan N. et al. *J. Solid State Chem.* 151, 737 (2000).
- [2] Singh L., Rai U.S. et al. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials.* 60 15–62 (2014).
- [3] Мирзорохимов А.А., Мельникова Н.В. и др. *Физическое обр. в вузах.* 22, 101С, (2016).
- [4] Kadyrova N.I., Zaynulin Yu.G. et al. *Russian Journal of Inorganic Chemistry.* 53, 1542 (2008).

АСМ исследования модифицированного электрода в структуре металл/полимер/электролит

Батыров Ринат Яхьяевич

Башкирский государственный педагогический университет имени М. Акмуллы

Корнилов Виктор Михайлович, д.ф.-м.н.

batyrov_r_y@mail.ru

Длительное время в электроаналитической химии существовало убеждение, что успех исследования и анализа связан со степенью чистоты поверхности электродов. Исследователи стремились достигнуть идеальной инертной поверхности, воспроизводимой от измерения к измерению. В 1978 г. появилась работа Миллера и Ван де Марка [1] по применению электрода, покрытого электропроводящей полимерной пленкой. Возникшее в связи с этим понятие "химически модифицированный электрод" (ХМЭ) можно трактовать более широко. Например, к ХМЭ можно отнести любой электрод, на молекулярную структуру поверхности которого было

оказано соответствующее воздействие (химическое или физическое), изменяющее характер электрохимического, в частности амперометрического отклика.

При модификации химическое соединение или полимерную пленку наносят специальным образом на поверхность электрода. При этом меняется его способность к вольтамперометрическому отклику в результате появления новых электрофизических свойств. Модифицирование электрода, может быть достигнуто при воздействии на его токопроводящую поверхность различными способами. Чаще всего на поверхность электрода наносят специальным образом химическое соединение - модификатор, который придает электроду новые электрофизические свойства. Наиболее простым способом модифицирования является адсорбция. Ее преимущество состоит в том, что она не требует специальных условий для нанесения; достаточно провести очистку поверхности электрода перед нанесением модификатора [2].

В качестве модификатора был выбран наиболее освоенный полимер из класса полиариленфталидов – полидифениленфталид (ПДФ). Для выполнения исследований изготавливались полимерные пленки на полированных подложках из нержавеющей стали размером 5x10 мм. На очищенные подложки наносился раствор полимера в циклогексаноне методом центрифугирования. Толщина пленок задавалась концентрацией полимера в растворителе. В эксперименте использовались растворы полимера концентрацией от 0,1 до 10 вес. %, что позволило получать полимерные пленки толщиной от 5 нм до 1,3 мкм [3]. Метод атомно-силовой микроскопии (АСМ) позволяет исследовать изменения морфологии как исходной поверхности электрода, так и покрытой полимерным слоем.

Измерения проводились с помощью измерительной ячейки следующим образом: с помощью электропроводящего клея образец с полимером прикреплялся к плоскости измерительной ячейки, далее на образец наносилась капля электролита (в нашем случае 1% NaCl), после чего к капле подводилась игла зонда (Pt) и далее подавали нужное напряжение на источнике питания в диапазоне от 0,1 В до 15 В.

Морфология поверхности электрода без полимера на катоде после воздействия электролита представлена на (рис.1). Видны ямочки травления на исходно полированной поверхности. Глубина ямки составляет 1,2 мкм; ширина ямки порядка 2 мкм.

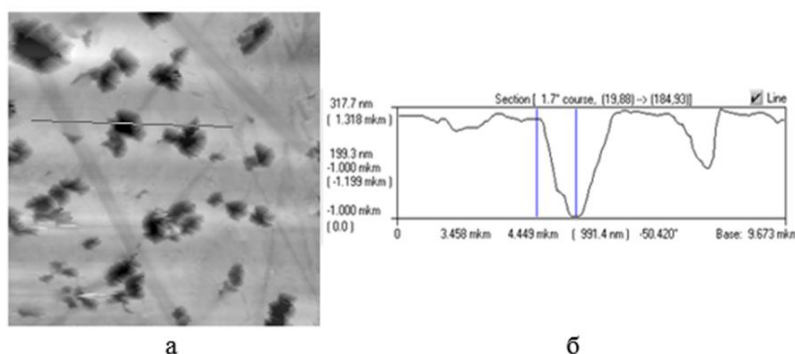


рис.1. АСМ – изображение поверхности подложки размерами: [15 мкм × 15 мкм × 1.7 нм]. а - морфология поверхности, б – изображение профиля поверхности вдоль измерительной линии.

На (рис.2) представлена морфология поверхности электрода без полимера на аноде после воздействия электролита. Высота выбранного участка 1,1 мкм; ширина участка порядка 2,5 мкм.

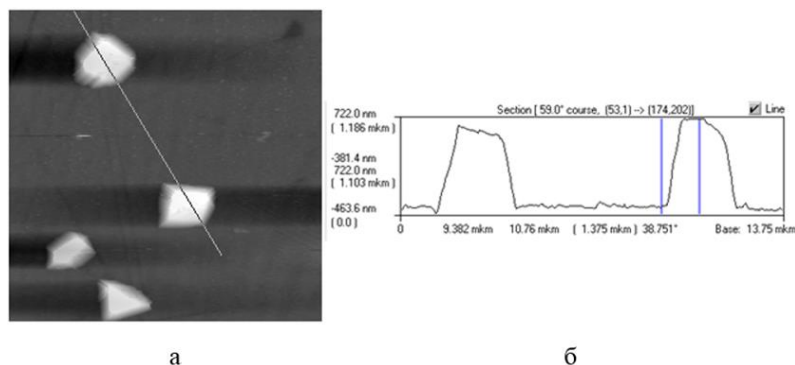


рис.2. АСМ – изображение поверхности подложки размерами: [15 мкм × 15 мкм × 1.6 мкм]. а - морфология поверхности, б – изображение профиля поверхности вдоль измерительной линии.

Морфология поверхности электрода, порытого слоем полимера после воздействия электролита (рис.3). Виден край деформированной полимерной пленки, высота образовавшейся ступеньки составляет 62.34 нм, что соответствует толщине пленки.

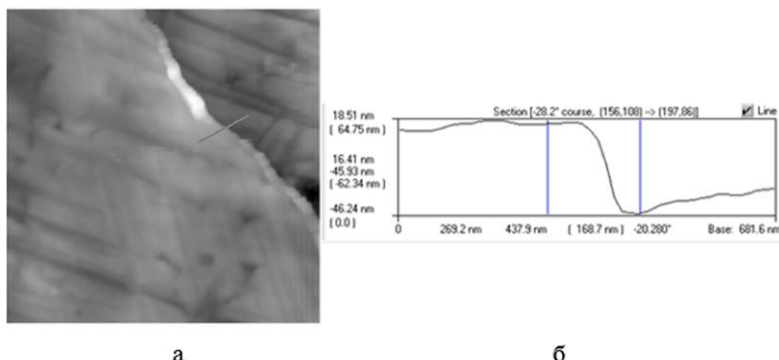


рис.3. АСМ – изображение поверхности подложки с нанесенным полимером, размерами: [3.4 мкм × 3.7 мкм × 231.5 нм]. а - морфология поверхности, б – изображение профиля поверхности вдоль измерительной линии.

Таким образом, показано, что чистый электрод подвергается необратимым изменениям в структуре металл/электролит, независимо анодом он является или катодом, т.е., наблюдается эрозия в виде локального травления. При изучении электрода, модифицированного полимером (ПДФ), травления электрода не наблюдается, пленка полимера сохраняется, хотя и набухает в воде.

Список публикаций:

- [1] Miller L. L., Van De Mark M. R. // J. Amer. Chem. Soc. 1978. V. 100. N 1. P. 639.
- [2] Будников Г. К., Лабуда Я. Химически модифицированные электроды как амперометрические сенсоры в электроанализаторе // Успехи химии. 1992. Т. 62. С. 1491.
- [3] Карамов Д. Д., Корнилов В. М., Лачинов А. Н., Крайкин В. А., Ионова И. А. Атомно-силовая микроскопия субмикронных пленок электроактивного полимера. // Журнал технической физики. 2016. Т. 86. В. 7 С. 124.

Взаимодействие терагерцового излучения с трехмерным топологическим изолятором на основе HgTe квантовой ямы

Васильев Никита Николаевич

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН

Новосибирский государственный университет

Савченко Максим Леонидович

n.vasilev@g.nsu.ru

В последнее время среди исследователей физики твердого тела широкую популярность получил новый класс материалов, называемых топологическими изоляторами. Одной из отличительных и наиболее интригующих особенностей трехмерных топологических изоляторов является наличие поляризованных по спину поверхностных проводящих состояний [1]. Квантовые ямы на основе пленок HgTe толщиной более 70 нм являются представителями трехмерных топологических изоляторов высокого качества. В недавних экспериментах был продемонстрирован транспортный и терагерцовый отклик поверхностных состояний в этой системе [2]. Недостатком тонких пленок HgTe является сильная связь поверхностных носителей, поэтому отклик топологических состояний на верхней и нижней поверхности оказывается перемешан, хотя актуальной задачей является выделение отклика от отдельной поверхности.

Одним из способов решения этой задачи является увеличение толщины пленки HgTe, что приводит к пространственному разделению топологических состояний на верхней и нижней поверхностях. В данной работе изучались спектры пропускания и отражения пленок HgTe толщиной 80 и 200 нм в диапазоне температур 4-300 К. Толстые пленки такого типа являются слабоизученным объектом с неизвестным электронным спектром. В тоже время различные оптические методы позволяют получить информацию как о законе дисперсии более толстой системы, так и о спиновой поляризации носителей тока в обеих структурах. Нами было обнаружено, что в спектрах пропускания обоих типов образцов наблюдается чувствительная к изменению температуры особенность в виде провала при длине волны около 85 мкм (рис. 1). Работа посвящена определению причин возникновения данного провала в спектрах пропускания пленок HgTe и его температурной эволюции.